

Nov 20 862
27 Sep

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-5507

(43)公開日 平成8年(1996)1月12日

(51)Int.Cl.⁶

G 01 M 11/00

G 02 B 6/00

6/42

26/02

識別記号

府内整理番号

T

F I

技術表示箇所

F

G 02 B 6/00

A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21)出願番号

特願平6-134179

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(22)出願日 平成6年(1994)6月16日

(71)出願人 000127662

株式会社エイ・ティ・アール光電波通信研究所

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地

(72)発明者 平野 元久

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 吉田 精孝

最終頁に続く

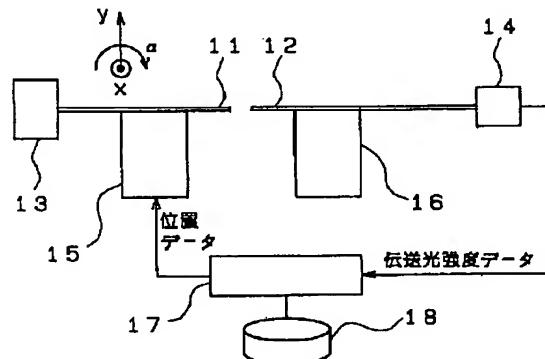
(54)【発明の名称】 光軸調整方法及びその装置

(57)【要約】

【目的】複数接続部の光軸調整の並列化が可能であり、しかも伝送光強度分布の形状に応じてアルゴリズムを追加・変更する必要がなく、更には外乱の存在に強い光軸調整方法及びその装置を提供する。

【構成】光ファイバ11と光ファイバ12の両端面を10μm程度に近接して接続部を構成し、その接続部を通る半導体レーザ光源13からの伝送光の強度を光パワー・メータ14によって測定し、その伝送光強度が最大になるように光ファイバ11を固定した光ファイバ12に対して位置決めする。この位置決めを行なうには、本発明の光軸調整方法に従って光ファイバ11を微動ステージ16を用いてx, yの2軸方向、或いはx, y, β

(βはx軸回りの回転軸)の3軸方向に移動し、伝送光強度が最大になるような光ファイバ11と光ファイバ12の接続部相互の最適位置を求める。



11, 12:光ファイバ

13:半導体レーザ光源

14:光パワー・メータ

15, 16:微動ステージ

17:電子計算機

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光伝送路の各種光部品相互の接続部を伝送光が通過する際、その接続部の光軸のずれによって生ずる伝送光損失を最小とするように、接続部を通過する伝送光の強度が最大となる光部品相互の光軸位置を求める光軸調整方法において、

前記接続部を通過する伝送光の強度を評価関数値として該評価関数値の変化を n 個の変数で指定される力学系の運動として表現し、

該力学系の運動の性質を用いてその評価関数の最大値を探索する力学系の自律的運動を生成することにより光部品相互の光軸の最適位置を求ることを特徴とする光軸調整方法。

【請求項 2】 複数の接続部の光軸調整を並列に処理することを特徴とする請求項 1 記載の光軸調整方法。

【請求項 3】 光伝送路の各種光部品の光軸を位置決めする少なくとも 1 台の微動ステージからなる駆動機構と、

光伝送路の入力端に接続された光源と、
光伝送路の出力端に接続された光パワーメータと、
光パワーメータの出力結果をもとに前記駆動機構の動作を制御し、所定の演算処理プログラムに基づいて光部品相互の光軸の最適位置を決定する制御手段とを備えたことを特徴とする光軸調整装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、種々の光部品相互の接続、例えば光ファイバと平板型光導波路との接続、光ファイバアレイと平板型光導波路アレイとの接続、半導体レーザモジュールにおける半導体レーザとレンズ、レンズと光ファイバとの接続、フリースペース光学系における 2 次元レンズアレイと 2 次元光ファイバアレイとの接続などにおける光軸調整方法及びその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 一般に、光通信、光計測等に用いられる装置またはシステムの光伝送路では、光ファイバ、平板型光導波路、半導体レーザ等の光部品が数多く接続される。このため、光部品相互の接続部における光軸調整の高速化・高精度化が重要課題となっている。

【0003】 光ファイバ同士の接続では、機械的嵌合によって光軸調整を行なうコネクタが主として用いられるが、これ以外の接続部品の組合せ、例えば光ファイバ

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f_x(x_k)}{f_{xx}(x_k)}$$

ここで、 $f_x(x_k)$ 、 $f_{xx}(x_k)$ は評価関数 $f(x_k)$ の一次導関数及び二次導関数である。(2) 式の収束性は初期値と $f_x(x_k)$ 、 $f_{xx}(x_k)$ を計算するときのきざみ： Δx_k の大きさに依存する。

と平板型光導波路との接続、半導体レーザモジュールにおける半導体レーザとレンズ及びレンズと光ファイバとの接続等では加工上の制約等からコネクタ等の嵌合部品の使用が困難であるため、微動ステージ等の位置決め装置を用いて接続部品相互の光軸調整が行われる。調整する光軸の自由度は、例えば図 1 3 に示すように 1 本の光ファイバ 1 を平板型光導波路 2 に接続するような単心接続の場合には、光軸の垂直方向に 2 自由度 (x , y)、その軸周りの回転方向に 2 自由度 (α , β)、光軸方向に 1 自由度 (z) となり合計で 5 自由度となる。また、図 1 4 に示すように光ファイバアレイ 4 と平板型光導波路アレイ 5 との接続のように複数の光軸を一括で調整する多心接続の場合には光軸 (z 軸) 周りの回転方向

(α) の自由度が 1 つ加わるため、光軸調整自由度は合計で 6 となる。図 1 5 に示すように半導体レーザモジュールの組立では、半導体レーザ 6 とレンズ 7 との接続部及びレンズ 7 と光ファイバ 8 との接続部においてそれぞれ 5 自由度（合計で 10 自由度）の光軸調整が必要となる。

【0004】 このような光軸調整では、光軸の自由度を変数として接続部を通る伝送光の強度の最大値を与えたされた探索アルゴリズムに従って求める。この探索アルゴリズムでは、探索方向と、その探索方向にどれだけ進めばよいかというステップ長さとを逐次求める方法が規定される。従って、探索アルゴリズムの高速化の問題は、光軸の現在位置を x_0 、探索方向を d 、ステップ長さを a とすると、

【数 1】

とせず直線上で a と d を逐次求めて最適値を探索する方法の効率化の問題に帰着される。

【0005】 従来の代表的な最適値探索アルゴリズムとしては、最急降下法、共約勾配法による直線探索法では、探索方向を計算し（最急降下法では現在位置での最急勾配方向を探索方向とする）、その探索方向に沿った異なる 3 点における評価関数値を比較すること（V 型 3 点探索法）によってその探索方向の最大（最小）値を求める。これに対しニュートン法では、探索方向に沿ったステップ長さの両方を計算し、次式に従って探索を実行する。

【0006】

【数 2】

(2)

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の最適値探索アルゴリズムを用いた光軸調整方法を、図 1 3 乃至図 1 5 に示したような多自由度の光軸調整方法に

適用すると、光軸調整計算量が増加する問題が生ずる。特に、図15の半導体レーザモジュールにおけるように、半導体レーザ6、レンズ7、光ファイバ8の複数部品の一つの光軸に沿って多段に直列に並べて接続する場合には、従来の光軸調整方法では複数接続箇所での光軸調整の並列化は不可能であるため、全ての接続部での光軸調整を完了するのに必要な時間は各接続部での光軸調整時間の積算となる。この場合、従来法において光軸調整の並列化が不可能である理由は、最急降下法、共約勾配法による直線探索法では定められた探索方向の異なる3点での伝送光強度を比較することによって最大値を求めるために、その伝送光強度の比較時に別の接続箇所の直線探索が開始されて光軸が移動し伝送光強度が変化してしまうと、両方の接続部において伝送光強度の比較が正常に行なわれなくなるからである。ニュートン法においても、同様の理由によって複数接続箇所での光軸調整の並列化は不可能となり、従って、各接続部での光軸調整を順次行なう必要があり、接続部の増加に伴って光軸調整時間が増大するという問題が生ずる。

【0008】また、図13に示すように光ファイバ1を平板型光導波路2に接続する場合には、光は平板型光導波路2の導波路コア3から外側に少しそれぞれ位置においても僅かに伝送するため、その伝送光の強度分布は図16に示すように通常のガウス関数的な主ピーク9の他にその脇にサテライト的な小さなピーク10を持ち、従来の最急降下法、共約勾配法による直線探索法やニュートン法に従って主ピーク10を探索しようとすると、サテライトピーク9の強度を予め入力値とした探索アルゴリズムを基本アルゴリズムに付加しないとサテライトピークを主ピークと誤って判断し、探索が途中で終了してしまうという問題が生ずる。更に、そのサテライトピークを回避するためのアルゴリズムの実行は一般に煩雑となる。

【0009】また、図14に示すようにファイバアレイ4と平板型光導波路アレイ5との接続において、全ての光軸の伝送光強度を保証するために各光軸の伝送光強度の和を評価関数とする。その評価関数の形状は図17に示すように最適値付近で平坦になるため、このような接続の光軸調整を従来の最急降下法、共約勾配法による直線探索法やニュートン法によって実行すると収束性が悪くなり、探索時間が増大するという問題が生ずる。

【0010】更に、光軸調整時に外部からの機械的な雜音振動等によって光軸ずれが生じ、これにより伝送光強度が大きく変動するような場合では、従来の最急降下法、共約勾配法による直線探索法では探索方向の異なる3点間の伝送光強度の比較が正常に行なわれなくなるので、定められた探索方向の最大値を求められなくなるという問題が生ずる。ニュートン法においても外乱に伴う伝送光強度の大きな変動によって(2)式が発散するという問題が生ずる。

【0011】本発明は前記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、多軸・多自由度の光軸調整を高速かつ並列に実行することができ、しかも伝送光強度分布の形状に応じてアルゴリズムを追加・変更する必要がなく、更には外乱の存在に強い光軸調整方法を提供することにある。また、他の目的とするところは、複数接続部の光軸調整を並列化することによって光軸調整時間の短縮を図り得る光軸調整方法を提供することにある。また、他の目的とするところは、このような方法による光軸調整の実現を可能とする光軸調整装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は前記目的を達成するために、請求項1では、光伝送路の各種光部品相互の接続部を伝送光が通過する際、その接続部の光軸のずれによって生ずる伝送光損失を最小とするように、接続部を通過する伝送光の強度が最大となる光部品相互の光軸位置を求める光軸調整方法において、前記接続部を通過する伝送光の強度を評価関数值として該評価関数值の変化をn個の変数で指定される力学系の運動として表現し、該力学系の運動の性質を用いてその評価関数の最大値を探査する力学系の自律的運動を生成することにより光部品相互の光軸の最適位置を求めている。

【0013】また、請求項2では、請求項1記載の光軸調整方法において、複数の接続部の光軸調整を並列に処理している。

【0014】また、請求項3では、光伝送路の各種光部品の光軸を位置決める少なくとも1台の微動ステージからなる駆動機構と、光伝送路の入力端に接続された光源と、光伝送路の出力端に接続された光パワーメータと、光パワーメータの出力結果をもとに前記駆動機構の動作を制御し、所定の演算処理プログラムに基づいて光部品相互の光軸の最適位置を決定する制御手段とを備えた光軸調整装置を構成している。

【0015】

【作用】請求項1の光軸調整方法によれば、接続部を通過する伝送光の強度を評価関数值として該評価関数值の変化をn個の変数で指定される力学系の運動として表現し、該力学系の運動の性質を用いてその評価関数の最大値を探査する力学系の自律的運動を生成することにより光部品相互の光軸の最適位置が求められることから、多軸・多自由度の光軸調整を高速かつ並列に実行することが可能となる。

【0016】また、請求項2の光軸調整装置によれば、請求項1の作用に加え、複数接続部の光軸調整が並列化されることから、光軸調整時間の短縮が図られる。

【0017】また、請求項3の光軸調整装置によれば、請求項1または2の作用を有する装置を実現することができる。

【0018】

【実施例】図1乃至図4は本発明の第1の実施例を示すもので、以下、図面に基づいて本発明の光軸調整方法について説明する。

【0019】図1には本発明の光軸調整方法を実施するために構成した光軸調整装置を示す。この光軸調整装置は、例えば2本のシングルモード光ファイバ11, 12(波長: 1.55 μm用)を光軸調整の対象とし、その構成は、半導体レーザ光源13(波長: 1.55 μm)と、伝送光強度を測定する光パワーメータ14と、計2台の6軸微動ステージ(位置決め分解能: 0.1 μm)15, 16と、制御手段をなす電子計算機17とからなる。

$H[p_i, q_i] = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n a_{ij}(p_j + \int_0^t g_j(t') dt') \times (p_j + \int_0^t g_j(t') dt') + V[q_i]$ (3)
と設定する。ここで、 $g_i(t) = -\lambda \frac{d}{dt} q_i / dt$ である。 λ は力学系の全エネルギーを調節するパラメータであり、 $\lambda \neq 0$ のとき力学系の全エネルギーは減少する。 a_{ij} は評価関数を最小にするような粒子の自律的運動を生成す

$$\frac{dq_i}{dt} = \frac{\partial H[p_i, q_i]}{\partial p_i} = \sum_{j=1}^n a_{ij}(p_j + \int_0^t g_j(t') dt')$$
 (4)

$$\frac{dp_i}{dt} = -\frac{\partial H[p_i, q_i]}{\partial q_i} = -\frac{\partial V[q_i]}{\partial q_i} = f_i$$
 (5)

を解くことによって得られる。(4), (5)式から、

る。電子計算機17は本発明の光軸調整方法の最適値探索アルゴリズムを元に設計・製作した光軸調整用プログラムが記憶装置18に内蔵されている。

【0020】ここで、光軸調整用プログラムの基礎式を以下に示す。評価関数を $V(q_1, q_2, \dots, q_n)$ と表す(以後、簡単に $V[q_i]$ と書く)。 q_i は評価関数を指定する変数である。評価関数値の変化を力学系における粒子の運動として表現するために、 q_i を粒子の位置座標、 p_i を粒子の運動量として力学系のハミルトン関数を

【数3】

るための行列である。 a_{ij} の非対角成分 $\neq 0$ のとき、そのような粒子の自律的運動が作られる。この自律的運動は方程式

【数4】

$\frac{d^2 q_i}{dt^2} = a_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}(\frac{dp_j}{dt} - \lambda dq_j/dt) = \sum_{j=1}^n a_{ij}(f_j - \lambda v_j)$ (6)
ここで、 a_i は粒子の加速度である。 $\frac{dp_j}{dt}$ 式を光軸調整の問題に適用するには、運動する粒子の位置座標 q_i がある自由度で位置決めできる光軸の位置座標に対応させ、評価関数 $V[q_i]$ を伝送光強度 $I[q_i]$ に負号をつけて $V[q_i] = -I[q_i]$ とする。このようにして(6)式を a_{ij} の非対角成分 $\neq 0$ として解けば、 $V[q_i]$ を最小にするような粒子位置 q_i の時間発展が計算され、これに対応して伝送光強度 $I[q_i]$ を最大にするような光軸位置の時間発展が計算される。このと

【0021】(6)式の時間発展を求める方法として以下のVeletアルゴリズムを用いる。

【数6】

$$\Delta q_i(t + \Delta t) = \Delta q_i(t) + a_i(t)(\Delta t)^2$$
 (7)

$$v_i(t) = \frac{1}{2\Delta t}[\Delta q_i(t + \Delta t) - \Delta q_i(t)]$$
 (8)

ここで、

【数7】

$$\Delta q_i(t + \Delta t) = q_i(t + \Delta t) - q_i(t)$$
 (9)

【0022】この光軸調整装置では、光ファイバ11と光ファイバ12の両端面を10 μm程度に近接して接続部を構成し、その接続部を通る半導体レーザ光源13からの伝送光の強度を光パワーメータ14によって測定し、その伝送光強度が最大になるように光ファイバ11を固定した光ファイバ12に対して位置決めする。この位置決めを行なうには、本発明の光軸調整方法に従って光ファイバ11を微動ステージ16を用いてx, yの2

軸方向、或いはx, y, β(β はx軸回りの回転軸)の3軸方向に移動し、伝送光強度が最大になるような光ファイバ11と光ファイバ12の接続部相互の最適位置を求める。

【0023】最適値探索の演算処理を行なう電子計算機17に内蔵されたプログラム18のフローチャートを図2に示す。ここでは、x, yの2軸方向に光ファイバ11を移動して光軸調整を行なう場合を例として示す。この場合、x, y, βの3軸方向の光軸調整も同様の手順で行なうことができる。

【0024】1. 微動ステージ16および光パワーメータ13と電子計算機17との信号送受信を実行するため

の設定準備を行なう (S 1)。

【0025】2. 光軸の現在位置($x_i(t)$, $y_i(t)$)、例えば、 $i = 1$ における伝送光強度 $P(x_i(t), y_i(t))$ を求める (S 2)。

【0026】3. 光ファイバ1 1を($x_i(t)$, $y_i(t)$)から x 軸に沿って $\Delta x_i(t)$ だけ移動する (S 3)。

【0027】4. 移動後の($x_i(t) + \Delta x_i(t)$, $y_i(t)$)における伝送光強度 $P(x_i(t) + \Delta x_i(t), y_i(t))$ を求める (S 4)。

【0028】5. 光ファイバ1 1を($x_i(t)$, $y_i(t)$)に戻す (S 5)。

【0029】6. y 軸方向に対しても同様に、光ファイバ1 1を($x_i(t)$, $y_i(t)$)から $\Delta y_i(t)$ だけ移動する (S 6)。

【0030】7. 移動後の($x_i(t)$, $y_i(t) + \Delta y_i(t)$)における伝送光強度 $P(x_i(t), y_i(t) + \Delta y_i(t))$ だけを求める (S 7)。

【0031】8. 光ファイバ1 1を($x_i(t)$, $y_i(t)$)に戻す (S 8)。

【0032】9. x , y 方向の微小変位 Δx , Δy に対する伝送光強度の変化率 ((6)式の f_i) を
【数8】

$$f_i^x = \frac{P(x_i(t) + \Delta x_i(t), y_i(t)) - P(x_i(t), y_i(t))}{\Delta x} \quad (10)$$

$$f_i^y = \frac{P(x_i(t), y_i(t) + \Delta y_i(t)) - P(x_i(t), y_i(t))}{\Delta y} \quad (11)$$

によって求める (S 9)。

【0033】10. (10), (11)式で求めた f_i^x と f_i^y を(6)式に代入し、(7), (9)式に従って伝送光強度が大きくなるような次ステップの光軸位置($x_i(t + \Delta t)$, $y_i(t + \Delta t)$)を求める (S 10)。

【0034】11. その光軸位置($x_i(t) + \Delta t$, $y_i(t + \Delta t)$)に光ファイバ1 1を移動する (S 11)。

【0035】12. ($x_i(t) + \Delta t$, $y_i(t + \Delta t)$)を($x_i(t)$, $y_i(t)$)とし、前記手順2から11を繰り返し、伝送光強度が最大値に達するまで探索を実行する (S 12, S 13)。

【0036】以上のようにして、光ファイバ1 1を x , y の2軸方向、及び x , y , β の3軸方向に移動して接続実験を行った結果を図3に示す。図3からわかるように、最大の伝送光強度の1/5程度の伝送光強度を初期値として探索を実行したところ、20回程度の探索によって伝送光強度は最大値に達する。このように、本発明の光軸調整方法によって最適値探索を正常に行なえることが示された。従来の光軸調整方法を用いて、例えば x , y , β の3軸の調整自由度の接続を行なう場合には2~3分程度の光軸調整時間が必要であったが、このような多自由度の光軸調整に本発明の光軸調整方法を用いればその光軸調整時間は20~30秒程度に短縮されることが本実施例によって示された探索回数から推定される。

【0037】図4では、機械的振動による外乱を接続部に与えたときに本発明の光軸調整方法による探索が安定に実行されるか否かを調べている。図4の探索開始時のA点で故意に微動ステージに手を触れると、手を触れたことにより伝送光強度は大幅に減少するが、探索はその後も正常に実行され、外乱を与えた後10回程度の探索で伝送光強度は最大値に復帰する。

【0038】図5及び図6は本発明の第2の実施例を示すもので、図15に示す半導体レーザモジュールのよう

な、一つの光軸に沿って複数の接続部の光軸調整を行なう必要のある光学系に本発明の光軸調整方法を適用し、個々の接続部の光軸調整を並列に実行するようにしたものである。図5に示す光軸調整装置は複数接続部の並列光軸調整を行うために構成したものであり、光ファイバ1 1と光ファイバ1 2との間にもう一つの光ファイバ1 9を固定台2 0に取付けて配置することにより、光ファイバ1 1と光ファイバ1 9との接続部2 1と、光ファイバ1 9と光ファイバ1 2との接続部2 2を構成している。従来の光軸調整方法では、接続部2 1での光軸調整と接続部2 2での光軸調整とを並列に実行することは不可能であるが、本発明ではその並列処理が可能となる。本実施例では第1の実施例に示した光軸調整手順の中で比較的時間を要する工程を二箇所の接続部において並列に実行することにより、全体の光軸調整時間の短縮化を図る。そのような時間を用いる工程は第1の実施例で示した手順3から手順9である。

【0039】即ち、現在位置($x_i(t)$, $y_i(t)$)から x , y 方向に $\Delta x_i(t)$, $\Delta y_i(t)$ だけ移動して($x_i(t) + \Delta x_i(t)$, $y_i(t)$)及び($x_i(t)$, $y_i(t) + \Delta y_i(t)$)における伝送光強度を求める工程を接続部2 1と接続部2 2での光軸調整において並列に実行する。このような並列処理を実行するには、上述した手順3から9の処理に関するプログラムを2つ作り、それぞれのプログラムを微動ステージ1 5と微動ステージ1 6に割当て、その2つのプログラムを並列に実行する。

【0040】図6は、以上のようにして接続部2 1と接続部2 2における光軸調整を並列に実行した結果を示す。図3に示した一箇所の接続部での光軸調整に要した探索回数と同程度探索回数によって光軸調整を実行できることが示されている。

【0041】図7及び図8は本発明の第3の実施例を示すもので、伝送光の強度分布I (x_i , y_i)が通常のガウス関数的な主ピークの他に、その脇にサテライト的

な小さなピークを持つことは光部品の接続（例えば、図 16）に本発明の光軸調整方法を適用した例を計算によって示したものである。図 7 は計算に用いる評価関数 V

とした。ここで、
【数 10】

$$r_i = \sqrt{(x_i^2 + y_i^2)}$$

である。図 7 の評価関数は、ガウス関数の主ピークの周囲に外輪山のような小さなピークを持つ。この計算では $n = 10$ 本の光ファイバと 10 本の光導波路との 10箇所の接続部において、10 本の光ファイバをそれぞれ独立に x , y の 2 軸方向に移動し、個々の光軸調整を並列に実行する。具体的には、個々の接続部において(12)式の評価関数を最小（伝送光強度を最大）にするように個々の光軸調整を x , y 軸方向の 2 自由度に対して並列に行なう。この場合、最適値探索の収束性の制御パラメータは(6)式の a_{ij} と λ である。適当な a_{ij} と λ の値を設定して計算した結果を図 8 に示す。図 8 は $n = 10$ 本の光ファイバの中である 1 本の光ファイバの初期位置から最適位置に至る探索経路を示す。図 8 中、A 点が探索の初期位置、B 点が伝送光強度が最大となる最適位置であ

る評価関数とし、その評価関数値の変化を表現する文字として、図 10 に示すような粒子間距離が固定された 2 つの粒子を考え、 x , y , α 軸方向の 3 自由度に対する粒子運動の時間発展を計算することにより最適値探索を実行する。この場合、図 9 の評価関数の 2 つの極小位置は、光導波路アレイ 5 の両端の光軸位置に、その極小位置は両端の光軸を通る伝送光の強度に符号を付したものに対応し、図 10 の 2 粒子間の距離は光ファイバアレイ 4 の両端の光軸間距離に対応する。実際に製作される部品では、製作誤差により接続するそれぞれのアレイの両端の光軸距離は部品ごとに異なる。このため、アレイの両端の光軸間距離が異なるアレイ同士を接続すると、光ファイバアレイ 4 は α 軸方向に少し傾いた位置に位置決めされる。そこで、本実施例では光ファイバアレイの両端の光軸間距離が導波路アレイの両端の光軸間距離と少し異なるようにして計算を行ない、そのような場合でも最適光軸位置の探索が効率的に行なえるか否かを調べた。具体的には、光ファイバアレイの両端の光軸間距離を 2.0 としたのに対し、光導波路アレイの両端の光軸間距離を 2.002 とした。図 11 は光軸位置を指定する x , y , α 座標の中で α 座標の探索結果を示す。同図では α 座標の振動は次第に減衰し、30 回程度の探索で光軸は最適位置に位置決めされる。従来の光軸調整方法を用いて、このような x , y , α の 3 軸の調整自由度の接続を行なう場合には 5 分程度の光軸調整時間が必要であったが、そのような多自由度の光軸調整に本発明の光軸調整方法を用いれば、その光軸調整時間は 30 秒程度

$(x_i, y_i) = -1(x_1, y_1)$ で、

【数 9】

（計算結果）から、本発明の光軸調整方法によれば光ファイバは途中のサテライトピークを回避して伝送光強度が最大となる最適位置に位置決めされることがわかる。

【0042】図 9 乃至図 11 は本発明の第 4 の実施例を示すもので、図 14 に示したような光ファイバアレイ 4 と平板型光導波路アレイ 5 との接続に本発明の光軸調整方法を適用した例を計算によって示したものである。このようなアレイ同士の接続は実用上よく行なわれる。本実施例では、接続アレイ両端の光軸を通る伝送光強度を両方ともに可能な限り大きくするように光ファイバアレイ 4 を図中の x , y , α 軸方向に移動し、光導波路アレイ 5 に対して位置決めする。このように両端の光軸を通る伝送光の強度を最適化してアレイの全光軸の伝送光強度を保証しようとする光軸調整方法も実用上よく行なわれる。本実施例では、図 9 に示すような 2 つの異なる位置に同じ大きさの極小値を持つ関数：

【数 11】

（計算結果）が本実施例の探索回数から推定される。尚、本実施例では両端の光軸を通る伝送光強度を評価関数としたが、アレイの全光軸を通る伝送光の強度を評価関数としても、全く同様にアレイ同士の光軸調整を実行することができる。

【0043】尚、本発明は前記実施例において述べたが、光部品の種類、光軸調整自由度等は限定されるものではなく、本発明は種々の光部品間の接続部における光軸調整に適用することができ、それらの応用は本発明の範囲から除外されるものではない。例えば、本発明を物体の変位測定に用いる光てこ方式の光学系における半導体レーザ、鏡、フォトダイオード間の光軸調整や図 12 に示すフリースペース光学系における 2 次元ファイバアレイ 24 と 2 次元レンズアレイ 25 との光軸調整等にも適用することが可能である。

【0044】

【発明の効果】以上説明したように、請求項 1 の光軸調整方法によれば、多軸・多自由度の光軸調整を高速かつ並列に実行することができる。本発明を光ファイバアレイと平板型光導波路アレイとの接続、半導体レーザモジュールにおける半導体レーザとレンズとの接続、レンズと光ファイバとの接続等に用いた場合、複数接続部の光軸調整の並列化が可能であり、しかも伝送光強度分布の形状に応じてアルゴリズムを追加・変更する必要がなく、更には外乱の存在に強いという格別の効果を得ることができる。

【0045】また、請求項 2 の光軸調整装置によれば、

請求項 1 の効果に加え、各接続部の光軸調整を並列化することにより、光軸調整時間の短縮を図ることができるので、光軸調整の効率を格段に向上させることができる。

【0046】また、請求項 3 の光軸調整装置によれば、請求項 1 及び 2 の効果を達成する装置を実現することができるので、実用化に際して極めて有効である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来例を示す光ファイバと平板型導波路の接続模式図

【図 2】従来例を示す光ファイバアレイと平板型導波路アレイとの接続模式図

【図 3】従来例を示す半導体レーザモジュールにおける半導体レンズと光ファイバとの接続模式図

【図 4】主ピークの脇にサテライトピークを持つような伝送光強度分布図

【図 5】光ファイバアレイと平板型導波路アレイとの接続におけるような伝送光強度分布図

【図 6】本発明の第 1 の実施例を示す光軸調整装置の概略構成図

【図 7】第 1 の実施例における光軸調整用プログラムのフローチャート

【図 8】第 1 の実施例における最適光軸位置の探索結果

を示す図

【図 9】第 1 の実施例における外乱を与えた場合の最適光軸位置の探索結果を示す図

【図 10】本発明の第 2 の実施例を示す光軸調整装置の概略構成図

【図 11】第 2 の実施例における 2 齒所の接続部における並列光軸調整の探索結果を示す図

【図 12】本発明の第 3 の実施例における評価関数を示す図

【図 13】第 3 の実施例における最適光軸位置の探索結果を示す図

【図 14】本発明の第 4 の実施例における評価関数を示す図

【図 15】第 4 の実施例における計算モデルを示す図

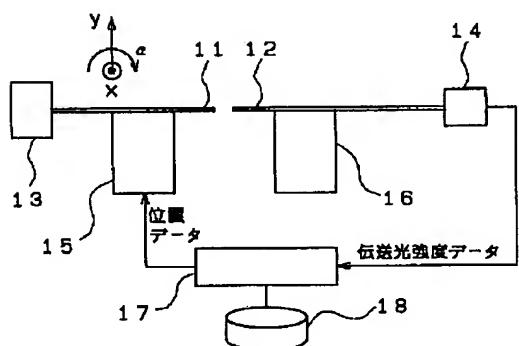
【図 16】第 4 の実施例における最適光軸位置の探索結果を示す図

【図 17】フリースペース光学系における 2 次元ファイバアレイと 2 次元レンズアレイとの接続模式図

【符号の説明】

1 1, 1 2…光ファイバ、1 3…半導体レーザ光源、1 4…光パワー計、1 5, 1 6…微動ステージ、1 7…電子計算機、1 8…光ファイバ、2 1, 2 2…接続部。

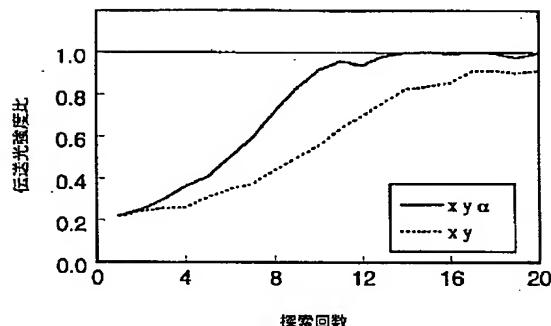
【図 1】



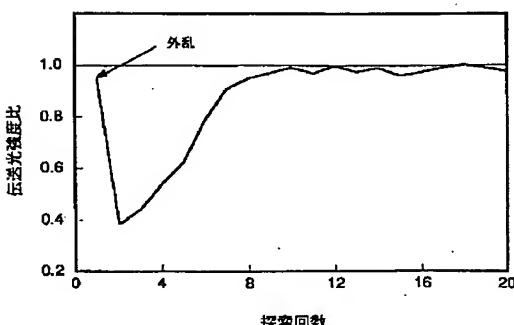
1 1, 1 2:光ファイバ
1 3:半導体レーザ光源
1 4:光パワー計

1 5, 1 6:微動ステージ
1 7:電子計算機

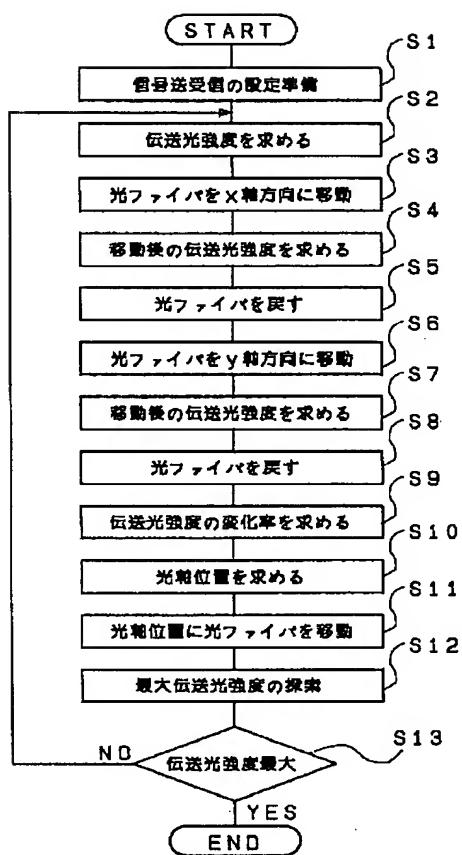
【図 3】



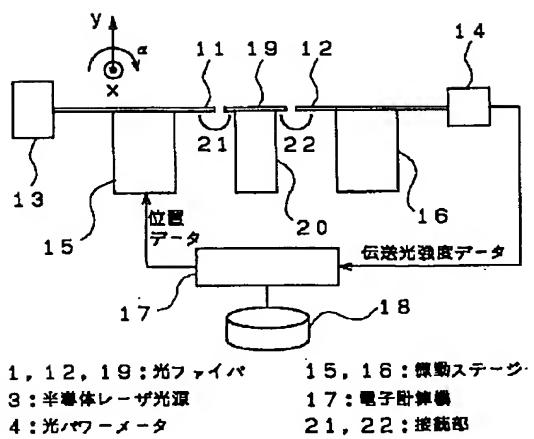
【図 4】



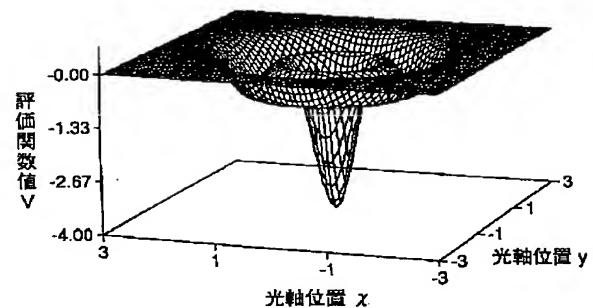
【図2】



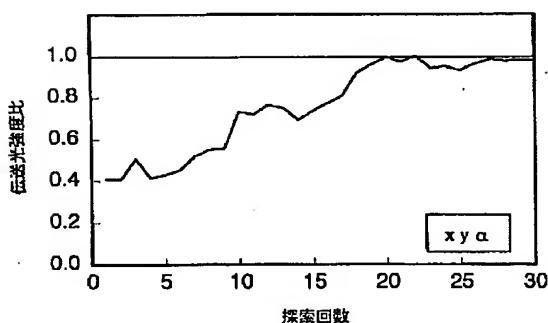
【図5】



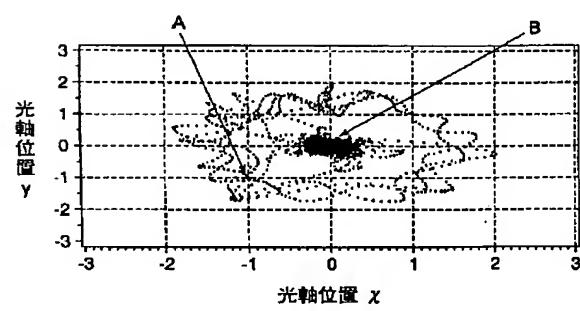
【図7】



【図6】

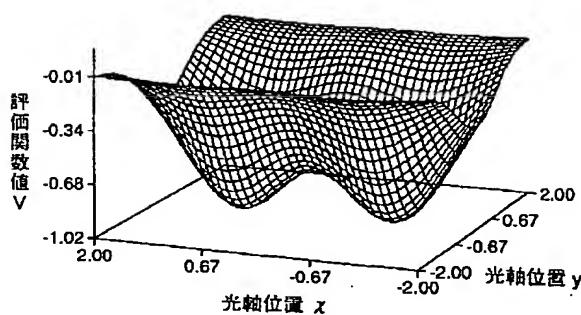


【図8】

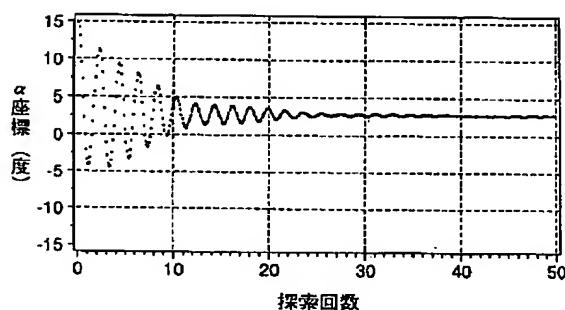


【図 9】

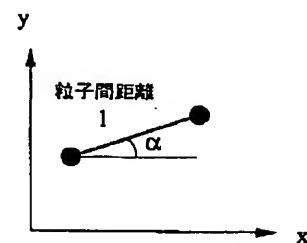
【図 10】



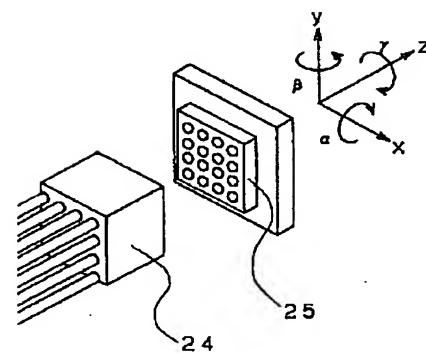
【図 11】



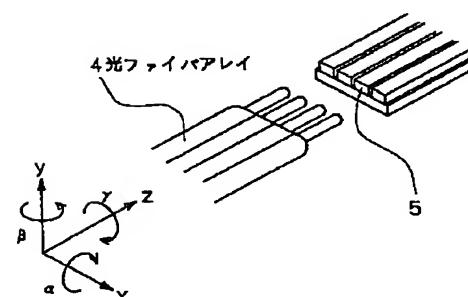
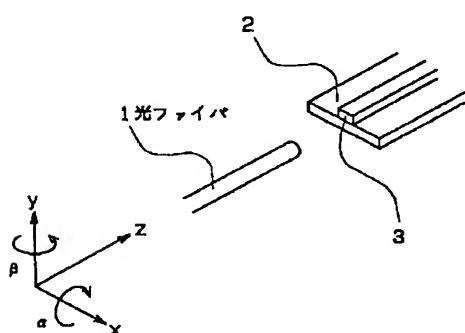
【図 13】



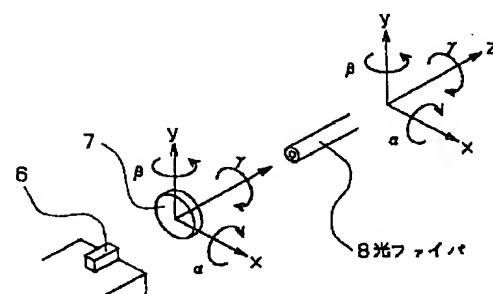
【図 12】



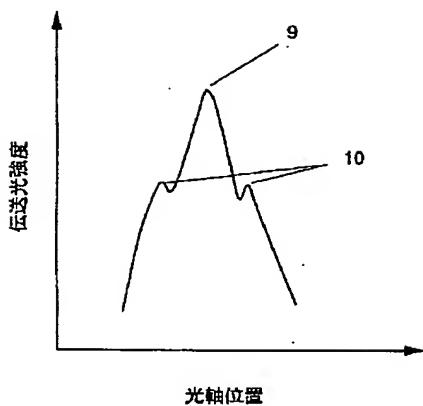
【図 14】



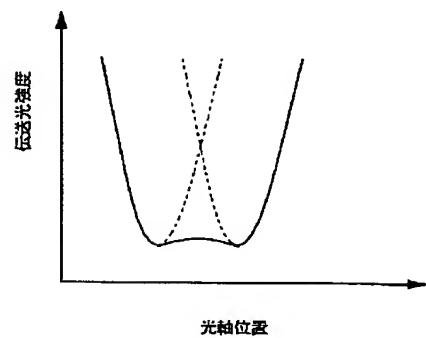
【図 15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(72) 発明者 水上 雅人
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 新上 和正
京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
番地 株式会社エイ・ティ・アール光電波
通信研究所内